

Södra Sveriges granar - biomassa och dess allokering

Norway spruce in southern Sweden – biomass and its allocation



Kersti Lassing

Handledare: Kristina Ulvcrona, Thomas Ulvcrona

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 148

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2010

Södra Sveriges granar - biomassa och dess allokering

Norway spruce in southern Sweden – biomass and its allocation



Biomassaprovtagning, Asa. Foto: Kersti Lassing

Kersti Lassing

Handledare: Kristina Ulvcrona, Thomas Ulvcrona

Examinator: Eric Agestam

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 148

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2010

Examensarbete i skogshushållning. Kurskod (SLU) EX0505, D-nivå, 30hp

Förord

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng på D-nivå och har utförts vid enheten för sydsvensk skogsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp i samarbete med Sveaskog. Handledare var Kristina Ulvcrona och Thomas Ulvcrona. Idén till examensarbetet diskuterades fram med Tomas Lundmark vid enheten för skoglig fältforskning i Vindeln.

Jag vill rikta ett särskilt tack till Kristina Ulvcrona som hjälpt mig vid fältarbetet och svarat på alla mina frågor. Du har bistått med ovärderlig hjälp vid fältarbetet och analysen av provmaterialet, som annars inte gått så snabbt eller varit så roligt. Jag vill även varmt tacka Thomas Ulvcrona för många goda råd, engagemang och vägledning. Tack riktas även till Göran Snygg, Stefan Eriksson och Jan-Olov Johansson för professionell hjälp med trädhuggning på försöksparkerna på Tönnersjöheden och i Asa, samt tack till Ulf Johansson och Ola Langvall som bistod med försöksytor vid försöksparkerna. Jag vill även tacka Marie Larsson-Stern på Sveaskog för hjälp i samband med detta examensarbete.

Lomma, januari 2010

Kersti

Sammanfattning

En stor omställning håller på att ske med nyttjandet av energiresurser. Biobränslen används allt mer och utveckling pågår för att göra mer biomassa från skogen tillgänglig. Biomassauttag från röjningar diskuteras och då är det viktigt att kunna beräkna utfallet av energi.

Biomassafunktioner har tagits fram av Ulvcróna *et al* (2009) för att kunna beräkna torrvikten för unga granar som stått i täta bestånd. Funktionerna är dock baserade på provträd från norra Sverige. Syftet med detta arbete var att verifiera funktionerna med provträd från södra Sverige. Provträden togs på Sveriges Lantbruksuniversitets försöksparker i Asa och på Tönnersjöheden. Provträdens brösthöjdsdiameter var mellan 35-198 mm. Genom att väga och torka delar av provträdets olika fraktioner (stam, levande och döda grenar samt barr) kunde hela trädets torrvekt räknas ut. Genom att utföra regressionsanalyser av det insamlade materialet kunde nya biomassafunktioner tas fram som var baserade på de sydliga provträden. En funktion konstruerades för varje fraktion. Dessa funktioner jämfördes med funktionerna framtagna för det nordliga provträds materialet.

Statistiskt visade det sig att funktionerna för stam-, gren- och barrvekt skiljer sig åt för träd i norra och södra Sverige. Endast funktionen för helträd var inte signifikant och kunde då inte jämföras med funktionen för det nordliga materialet. Slogs hela provträds materialet samman (sydligt och nordligt material) visade sig att de erhållna funktionerna går att använda i södra såväl som i norra Sverige. Dessa funktioner bör betraktas som medelgoda då de tidigare jämförelserna mellan nordligt och sydligt material visat att det fanns signifikanta skillnader. Det såg dock ut som att det var de större provträden som skiljde sig mest från funktionen baserad på det nordliga materialet, vilket kan förklaras av att funktionen för de nordliga provträden baserades på träd i storleksintervallet 10-120 mm i brösthöjdsdiameter. Därför gjordes även en jämförelse där hela provträds materialet delades in i två diameterklasser, >100 mm och <100 mm, för att se om det gick att förfinas funktionerna med avseende på trädstorlek med de redan utvalda förklarande variablerna. De erhållna funktionerna blev inte signifikanta och kunde därmed inte jämföras.

Sammanfattningsvis kan sägas att funktionerna baserade på det nordliga materialet fungerar ganska bra även i södra Sverige, med en viss reservation för större träd.

Abstract

The use of energy resources is changing. Biofuel is used more extensively and to make more of the existing biofuel from forests available there is a development of new techniques. It is discussed to take out biomass from pre-commercial thinnings. To make it possible there is a need for functions to calculate the energy outcome.

Biomass functions have been developed by Ulvcróna *et al* (2009) to estimate the dry weight for young spruces in dense stands. These functions are based on sample trees from the northern Sweden. The aim of this thesis was to verify these functions with sample trees from the southern Sweden. The sample trees were taken at the experimental forests in Asa and Tönnersjöheden belonging to the Swedish University of Agricultural Sciences. The diameters in breast height for the sample trees were between 35-198 mm. To calculate the dry weight of the whole tree, parts from the fractions (stem, living and dead branches and needles) of the sample tree were weighted. By making regression analyses new biomass functions was developed based on the south sample tree material. A function was constructed for each fraction. These functions were then compared to the functions based on the north sample tree material.

It was shown statistically that the functions for the weight of stem, branches and needles were significantly different when comparing the functions based on the north sample tree material with the south sample tree material. The function for the whole tree was not significant and because of that the function could not be compared to the function based on the north material. By unitizing the north and south sample tree material it was shown that the obtained functions could be used in both south and north of Sweden. These functions should be considered as fairly good because earlier comparisons have shown that there are significant differences between the north and south material. Bigger trees tended to differ most from the north function. One explanation could be that the north sample trees had diameters in breast height between 10-120 mm. Because of that was a smaller comparison made where the whole sample tree material (from both south and north of Sweden) were divided into two diameter classes, >100 mm and <100 mm, to see if it was possible to improve the functions in regard to tree size with the already chosen explicative variables. The obtained functions were not significant and could therefore not be compared.

In summary the functions based on the north material are working quite well even in the south of Sweden, with reservation for bigger trees.

Keywords: picea abies, biomass function, stem, branches, needles, dense stands, dry weight, bioenergy

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	7
1.1. Bakgrund	7
1.2. Bioenergens potential	8
1.3. Granens biomassa	9
1.3.1. Granens värmevärde.....	11
1.4. Arbets syfte och tidigare studier	11
2. Material och metoder.....	13
2.1. Beståndsbeskrivning	13
2.2. Biomassaprovtagning i fält.....	13
2.3. Torkning	15
2.3.1. Provgrenar.....	15
2.3.2. Trissor	15
2.4. Beräkningar	16
2.4.1. Funktionsberäkningar	16
2.4.1.1. Funktioner för sydliga granar.....	17
2.4.2. Jämförelse av funktioner	17
3. Resultat	18
3.1. Jämförelse mellan det nordliga och sydliga materialet.....	18
3.1.1. Helträdsfunktionerna	19
3.1.2. Stamviktsfunktionerna.....	20
3.1.3. Grenfunktionerna	20
3.1.4. Barrfunktionerna	21
3.2. Jämförelse mellan små och stora provträd.....	22
3.3. Icke signifikanta funktioner.....	23
4. Diskussion.....	24
4.1. Slutsatser	27
5. Källhänvisning	29
5.1. Publikationer.....	29
5.2. Muntliga meddelanden.....	31

1. Introduktion

1.1. Bakgrund

En viktig fråga som diskuteras globalt idag är det faktum att det behövs en omställning av energikällor. Tidigare var oljan det självklara alternativet, men med oljekriser på 70-talet och klimathot och växthuseffekter på senare tid, kombinerat med ett ökat energianvändande, har samhället mer eller mindre varit tvunget att ändra sin syn på nyttjandet av naturresurser. Detta syns inte minst i politiken, där en mängd olika policys har tagits fram på internationell, nationell, regional och lokal nivå. Som exempel kan nämnas de nya mål som EU-kommissionen satt upp 2007 gällande användning av förnyelsebar energi (Egnell 2008). Fram till år 2020 ska medlemsländerna tillsammans bland annat ha 20% förnybara energikällor, sänkt koldioxidutsläppen med 20% jämfört med utsläppen år 1990 och 10% av våra drivmedel ska komma från förnybara energikällor (Egnell 2008).

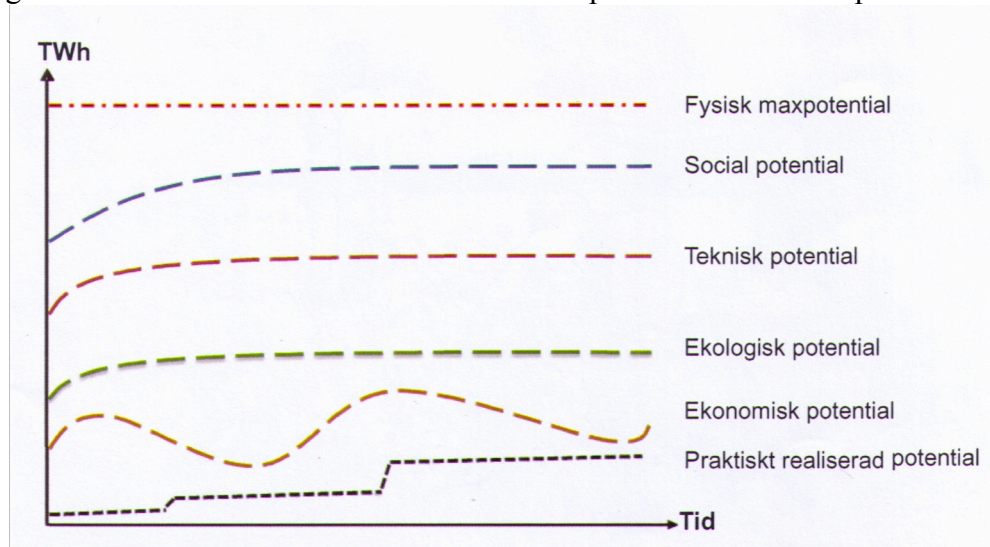
Idag riktas blickarna åt olika håll när det kommer till energiförsörjning, bland annat mot trädbränsle, som räknas in bland biobränslen. Övriga biobränslen är brännbart avfall, torv, returlutar från kemisk massatillverkning och etanol (Anon. 2007). Det vanligaste sortimentet trädbränslen idag är oförädlat (det vill säga avverkningsrester, bark och spån), men det finns även förädlat trädbränsle i form av briketter och pellets. Det finns dock en potential att kunna ta ut dubbelt så mycket trädbränsle, med hänsyn tagen till skogsbrukets utveckling, beståndens lämplighet för uttag av biomassa samt spill (Anon. 2007). Bland avverkningsresterna tas det idag ut ca 8 TWh årligen. Det är då framför allt grenar och toppar (grot) som tas tillvara (Egnell 2008). Stubbrytning är också ett sortiment som diskuteras, men det är fortfarande en kontroversiell fråga (Egnell 2008). Mycket kunskap fattas fortfarande, därför är det svårt att uttala sig idag om huruvida stubbrytning kommer att vara ett alternativ i framtiden. Det finns helt klart en potential för att kunna ta ut mer biobränsle genom stubbrytning, men mer forskning kring framförallt miljöfrågorna krävs.

Ett tredje sortiment som är intressant ur flera aspekter är uttag av hela träd från sena röjningar. I Sverige har röjningarna minskat av flera anledningar de senaste åren. Bland de mest nämnda är att röjningsplikten i skogsvårdslagen togs bort 1994 samt även ökade röjningskostnader nämns, sammantaget har det lett till att det idag finns stora arealer skog med akut röjningsbehov (Olsson 2004). Enligt Riksskogstaxeringen röjs årligen 240 000 ha i Sverige (Anon. 2008). Det kan sättas i relation till arealen som anses vara i akut röjningsbehov, 1 221 000 ha (Anon. 2008). En del av dessa arealer kallas konfliktbestånd. Utmärkande för så kallade konfliktbestånd är att de ofta är heterogena med en varierande diameter, höjd och trädslagsfördelning (Olsson 2004). I dessa bestånd anses det svårt att avgöra vad som ska bli nästa skogsvårdsåtgärd. Ett alternativ som vuxit fram är att ta ut okvistade stammar vid röjning som ytterligare ett energisortiment (Olsson 2004). Det finns förhoppningar om att röjningsandelen kommer att öka, om det blir möjligt för skogsägare att få sänkta röjningskostnader istället för att avstå från röjning. Nya skogsskötselmetoder har redan utvecklats, till exempel en ny gallringsmetod kallad krankorridorsskörd där biobränsle tas ut från täta ungskogar genom att röja smala korridorer i beståndet (Bergström 2009). Det kan förändra skogsskötseln på så vis att det istället för traditionell röjning satsas på täta ungskogar med en hög volym biomassa där då ytterligare en inkomst blir möjlig.

I försök har det framkommit att uttag av hela träd kan leda till tillväxtförluster i det kvarvarande beståndet, främst beroende på uttaget av bundet kväve i trädresterna (Jacobson & Kukkola 1999). Det kan åtgärdas genom kompensationsgödsling. Därför bör hänsyn tas till detta vid beslut om uttag av helträd, då gödsling innebär en merkostnad.

1.2. Bioenergins potential

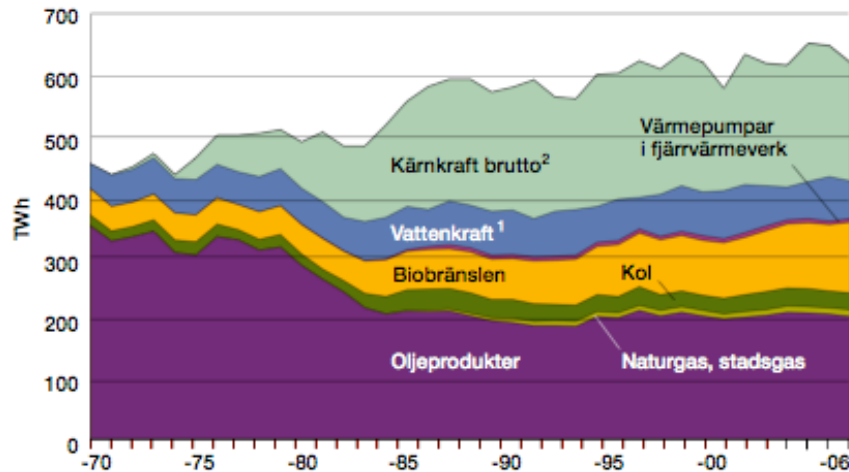
En rad faktorer medverkar till möjligheten att kunna ta ut verkligt biobränsle till ett lönsamt pris. Sverige har idag en enorm mängd biobränslen bunden i skogar, längs vägar etc. som inte går att realisera på marknaden (Egnell 2008). Det är den så kallade fysiska maxpotentialen. Lönsamheten i skörd av klena stammar samt avverkningsrester påverkas idag av tekniska begränsningar, logistik och ekonomi. Forskningsarbete med teknikutveckling pågår för att kunna göra tidigare olönsam skörd lönsam. Den ekologiska potentialen begränsar också möjligheten till uttag av biomassa. Skogsägare är enligt lag skyldiga att ta hänsyn till biologisk mångfald, den långsiktiga produktionsförmågan i marken och eventuella markskador i samband med avverkning. Därtill kommer även eventuell certifiering av skogen. Det är inte alltid som exploatering av biomassan uppskattas av allmänheten. Hänsyn måste även tas till annan markanvändning samt sociala värden, såsom rennärning, jakt, friluftsliv, med mera. Så i realiteten är det mycket av den fysiska maxpotentialen som försvinner på grund av olika restriktioner och kvar blir den praktiskt realiserade potentialen.



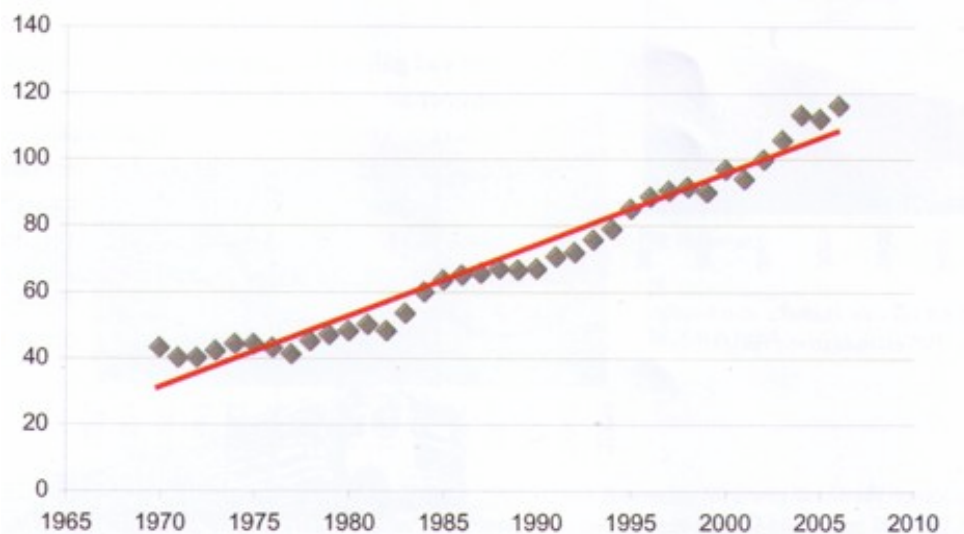
Figur 1. Principen för den praktiskt realiserade potentialen och dess förhållande till den fysiska maxpotentialen. Källa: Egnell 2008

Ser man tillbaka i tiden, så har det hänt mycket på den svenska energimarknaden som gynnat handeln med biobränsle. 1970 var det olja som var den dominerande energikällan (Anon. 2007). Som framgår av figur 2 har sedan olje användandet minskat med 43% fram till 2006, till förmån för bland annat kärnkraft och vattenkraft. Nyttjad andel biobränslen ökade med 170%, framför allt beroende på utbyggnaden av fjärrvärmeverk på 80-talet, men även industrins ökade produktion (Anon. 2007). De förnybara energikällorna (vattenkraft, biobränslen och vindkraft) stod för 29% av energitillförseln 2006 (Anon 2007). Sett ur ett internationellt perspektiv är det en relativt hög andel. Enligt beräkningar gjorda av Statens

energimyndighet (STEM) 2007 kommer produktionspotentialen för avverkningsrester att vara 50-55 TWh år 2010 (SOU 2007:36). Det är borträknat de tekniska, ekologiska och ekonomiska begränsningar som nämnts ovan. Det kan jämföras med användningen av avverkningsrester som energikälla 1990, som då bara stod för 4 TWh/år (SOU 2007:36).



Figur 2. Totala energitillförseln för olika energikällor i Sverige sedan 1970. ¹ inkl. vindkraft t.o.m. 1996, ² Enligt FN/ECE:s metod för beräkning av tillförsel från kärnkraften. Källa: Anon. 2007

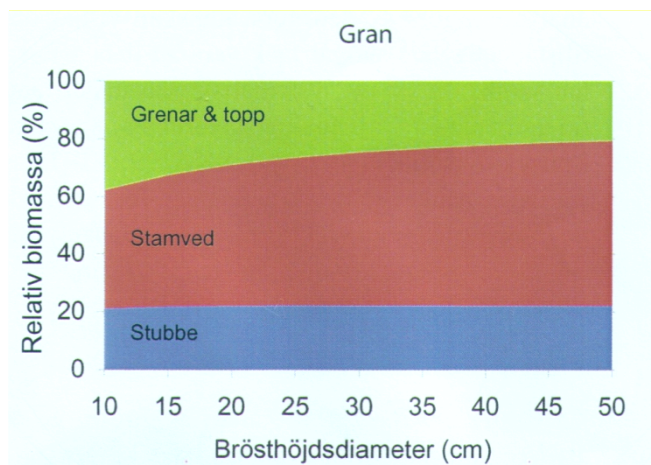


Figur 3. Total tillförsel av biobränslen, torv, avfall, m.m. i Sverige sedan 1970 (TWh). Källa: Egnell 2008

1.3. Granens biomassa

Trädets storlek har betydelse för fördelningen av biomassan i trädet (Egnell 2008, Øyen muntl.). Små träd har större andel grot och stubbe relaterat till stamveden, vilket är speciellt utmärkande för gran (*Picea abies* L. Karst). Denna fördelning ändras i takt med att trädet växer, det vill säga ett större träd får större andel stamved relaterat till grot och stubbe (Egnell

2008). Även beståndens struktur har betydelse för allokeringen av biomassa. Den är inte densamma för undertryckta respektive härskande/medhärskande träd. Undertryckta granar har större andel barrmassa och lägre stam- och grenvikt (Claesson *et al.* 2001). Det som tidigare betraktats som restprodukter, och som lämnats kvar i skogen vid avverkning utgör en ganska stor del av trädets totala biomassa. Alltså går det att få ut mer från skogen med nya skogsskötselmetoder än vid den tidigare, traditionella avverkningen som inte tagit tillvara på möjligheterna för uttag av biobränsle.



Figur 4. Biomassafördelning för gran. Källa: Egnell 2008

Beroende på var i landet man befinner sig, så är förutsättningarna för tillväxt olika. Vegetationsperioden, det vill säga den period under året då dygnsmedeltemperaturen är över +5°C, är betydligt längre i södra Sverige än norra, vilket framgår av tabell 1 (SLU 2007a). I samband med detta startar aktiviteten i trädens rötter på våren och avslutas på hösten när dygnsmedeltemperaturen återigen är runt +5°. Läggs den totala dygnsmedeltemperaturen samman under hela vegetationsperioden, erhålls temperatursumman som beskriver hur varm vegetationsperioden är (SLU 2007b).

Bortsett från skillnaderna i temperatur över landet, har det även konstaterats i ett flertal studier att vatten- och näringstillgången påverkar produktionen (Bergh *et al.* 1999, Wiklund & Nilsson 1992). I södra Sverige uppmättes en tillväxtökning vid bevattning av skogen, vilket betyder att vattentillgången är en begränsande faktor i söder. Brist på näring, framför allt kväve, är ofta en begränsande faktor i både södra och norra Sverige. Det har dock visat sig att de ökade mängderna kväveoxider som släpps ut i atmosfären bidrar till en ökning av tillväxten (Wiklund & Nilsson 1992, Bertills & Näsholm 2000). Därmed kan även mängden kvävenedfall (se tabell 1) påverka tillväxten.

Sammanfattningsvis kan då sägas att de största begränsande faktorerna för tillväxten hos träd i norra Sverige är låg näringstillgång kombinerat med en kort vegetationsperiod med låg temperatursumma. I södra Sverige är det konkurrensen om näring, samt vattentillgången som är begränsande faktorer.

Tabell 1. Olika lokalers förutsättningar för produktion och tillväxt.

	Unbyn (Boden)	Kulbäcksliden	Asa	Tönnersjöheden
Latitud*	65,70	64,17	57,18	56,68
Årl. nederbörd (mm/år)**	600-700	700-800	800-900	1 000
Årl. kvävenedfall (mg/m ²)***	107	164	822	1 203
Veg. period (dygn/år)****	150-180	120-150	180-210	210-240
Temperatur-summa*****	900-1 100	900-1 100	1 300-1 500	>1 500

Källor: *Google Earth, **SLU 2007c, ***SMHI 2008, ****SLU 2007a, *****SLU 2007b

1.3.1. Granens värmevärde

Värmevärdet beror på bränslets fukthalt. Vid förbränning vid fjärrvärmeverk ligger fukthalten mellan 28-45% (Andersson, muntl.). Vid eldning av sågspån kan fukthalten uppgå till 65%.

Tabell 2. Torr granveds effektiva värmevärde (MJ/kg torrsubstans) (Olofsson 1975). Siffrorna baseras på träd från gallringsbestånd.

Helträd	Stam	Gren	Barr	Bark
19,19	19,02	19,75	19,79	19,83

Sammanfattningsvis kan sägas att biomassa har en stor potential som energikälla i Sverige. Dock krävs mer forskning för att utveckla lönsamheten eftersom förutsättningarna för biomassaproduktion skiljer sig markant i olika delar av landet.

1.4. Arbets syfte och tidigare studier

Syftet med denna undersökning är att se om det går att använda Ulvcronas *et al* (2009) biomassafunktioner för gran, framtagna genom provträdsmaterial från norra Sverige, på granar i södra Sverige. Är allokeringen av biomassa densamma oavsett vart i Sverige trädet har vuxit?

Marklunds funktioner för beräkning av biomassa är inte lämpliga att använda i täta bestånd, men är de formler som oftast används för tall (*Pinus sylvestris*), gran samt björk (*Betula spp.*) (Marklund 1987). Funktionerna bygger på provträd tagna från hela Sverige där spridningen på diametern i brösthöjd (DBH) är 1-50 cm (Marklund 1987). Användning av dessa förutsätter dock att skogen är välskött. Vid exempelvis en försenad eller utebliven röjning, förändras trädets fördelning av mängden biomassa i stammen respektive grenarna och barren, på grund av ökad konkurrens av ljus (Claesson *et al.* 2001). Det innebär att förhållandet mellan DBH och biomassaandelen i andra träddelar inte längre stämmer överens med Marklunds funktioner. Det i sin tur har lett till mer forskning och nya funktioner har tagits fram. I en tidigare studie av Claesson *et al.* (2001) utvecklades nya biomassafunktioner för unga och täta

bestånd. Det visade sig att i dessa bestånd överskattades stam- och grenvikt när Marklunds biomassa-funktioner användes, medan barrvikten underskattades. Idag forskas det vidare på dessa nya biomassa-funktioner som Claesson *et al.* tog fram 2001. Provträds-materialet använder Ulvcrona för att utveckla nya biomassa-funktioner för tall, gran och björk, vilket ska underlätta uppskattningen av torrvikten i unga, täta bestånd.

Det finns anledning att tro att utfallet av biomassa ser annorlunda ut i södra Sverige jämfört med norra, då medelproduktionen är högre i söder (Anon. 2008). I studien som Ulvcrona har gjort ingår idag endast provträd från norra Sverige. Därför är syftet med denna studie att verifiera biomassa-funktionen som Ulvcrona utvecklat med provträd från södra Sverige. För att begränsa arbetet kommer endast biomassa-funktionen för gran att undersökas. Detta för att skogsbruket vid uttag av biomassa främst riktar in sig på grandominerade bestånd (Egnell 2008). Granen har mer biomassa i grenar och barr än till exempel tall. Det är oftast även större virkesförråd i granbestånd, eftersom den i regel växer på bördigare mark.

2. Material och metoder

2.1. Beståndsbeskrivning

De bestånd som valdes ut för provtagning låg på försöksparkerna Asa (Lat 57° 10' N, Long 14° 45' E, 180 m.ö.h.) och Tönnersjöheden (Lat 56° 43' N, Long 13° 08' E, 75 m.ö.h.). Dessa är två av totalt åtta försöksparkar tillhörande Sveriges Lantbruksuniversitetets (SLU) skogsfakultet, enheten för skoglig fältforskning. I Asa valdes ett bestånd ut och på Tönnersjöheden två bestånd. Bestånd 463 på Tönnersjöheden var gallrat vintern 2008/2009. Övriga bestånd var ogallrade. Kriterierna för vilka grandominerande bestånd som skulle användas var att beståndens brösthöjdsdiameter (DBH) skulle vara 30-180 mm. Ulvcrónas *et al.* studie (det nordliga materialet) innehöll endast träd med DBH 10-120 mm. Då studiens syfte var att utöka materialet beslutades att träd även skulle tas från de större intervallen. För att utesluta att undertryckta träd togs med i försöket, fick de små träden (DBH <100 mm) inte tas från samma bestånd som de större träden. Bestånden skulle heller inte vara gödslade, då gödsling kraftigt ökar mängden biomassa (Bergh 2006).

Tabell 3. Beståndsdata

Bestånd	Grundyta (m ² /ha)	Övre höjd (m)	Aritm. medeldiam. (mm)	Stammar/ha	Stammar/ha innan gallring	Antal provvytor	Antal provträd/bestånd
Asa 201	7,6	7,5	60	2730	Ej gallr.	3	8
Tönnersjö 652	29,8	12,9	107	3225	Ej gallr.	4	7
Tönnersjö 463	27,8	14,9	126	2067	2667	3	6

2.2. Biomassaprovtagning i fält

Provtagningen ägde rum i mitten av september, det vill säga efter årets tillväxtsäsong. Cirkelprovytor med en radie om 5,64 m, vilka var representativa för beståndet med avseende på trädslag, antal stammar och brösthöjdsdiameter, valdes ut. Alla träd, högre än 1,3 meter, i provytan klavades för att beräkna grundytan, stammar/ha och beståndets aritmetiska medeldiameter (Wilhelmsson *et al.* 2005). Höjden på de två träden med störst diameter på provytan mättes med hjälp av höjdmätare av fabrikat Vertex och beståndets övre höjd togs fram med dessa höjder.

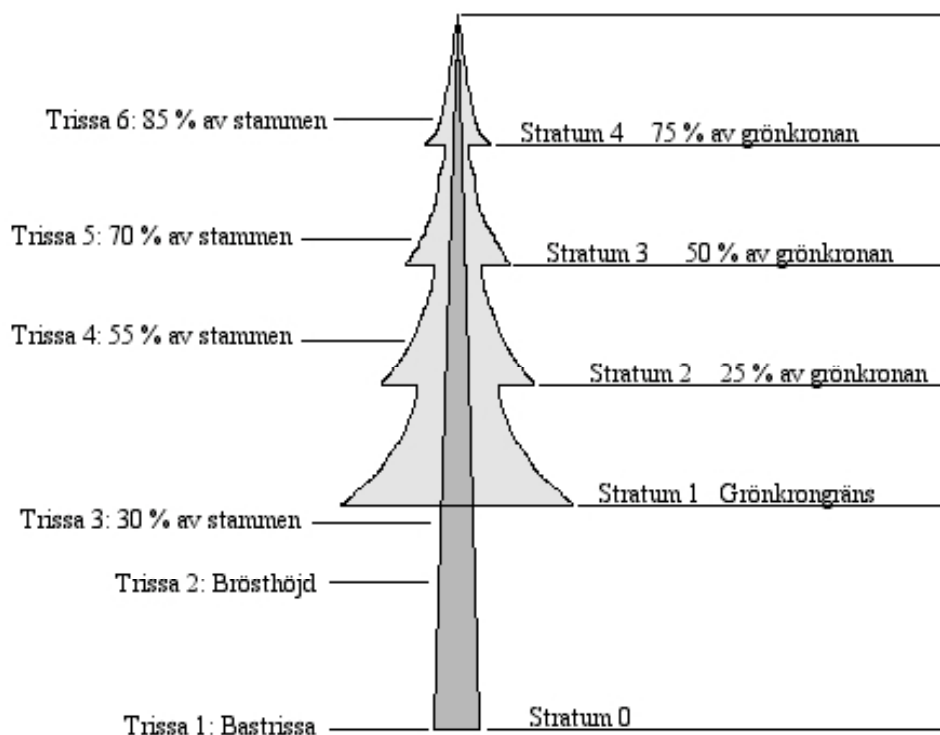
De valda provträden skulle vara representativa för provytan med avseende på diameter (för att uppnå jämn diameterspridning), höjd och också vara friska utan synliga skador. Döda grenar längst ner på stammen klipptes bort innan fällning för att undvika att de skadades vid trädfällningen och trädets norrsida markerades, provträden höggs motormanuellt med en stubbhöjd på 2 cm. Trädhöjden mättes med huggarmåttband och brösthöjdsdiametern markerades ut med snitselband och korsklavades. Grönkrongränsen (Wilhelmsson *et al.* 2005)

samt fyra lika stora stratum vid 25, 50 respektive 75% av grönkronan markerades med snitselband runt stammen (se figur 5). Stamdiametern korsklavades med en meters intervall, startande vid stammens bas, för att få en uppfattning om trädets stamform.

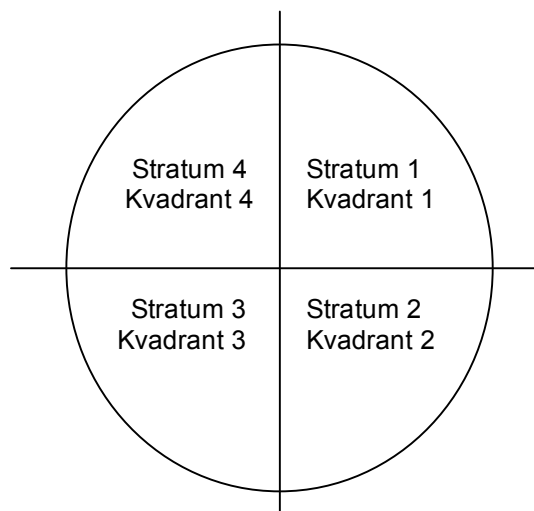
Från varje stratum och i varje kvadrant (se figur 6) togs en representativ provgren som sedan förpackades i plastpåse som markerades med provträdsnummer och stratum för nedfrysning. Provgrenarna skulle sedan vägas på labb innan torkning. Trädnumret ringades in för att undvika förväxling med stratumnummer. En död provgren från stratum 0 valdes ut och paketerades som övriga provgrenar. Resterande grenar från respektive stratum klipptes av med sekator, samlades ihop i en snara och vägdes på en hängvåg monterad med spännband mellan två träd. De friska grenarna vägdes för sig och de döda för sig. Vikterna noterades i protokollet.

Markeringarna för stratumgränserna flyttades dit stamtrissorna skulle kapas, totalt sex trissor. Se figur 5. Trissorna sågades 5 cm tjocka. De korsklavades och diametrarna noterades. Trissorna markerades med provträdsnummer (ringades in) och trissnummer och paketerades i plastpåsar för nedfrysning för att senare vägas på labb innan torkning. Även kilen från fällskäret markerades och förpackades med bastrissan. De kvarvarande stamdelarna vägdes på hängvågen och vikten noterades.

Provgrenar och trissor fraktades sedan till frysförvaring på försöksparken.



Figur 5. Placering av stratumgränser och stamtrissor.



Figur 6. Första provgrenen togs från stratum 1, i kvadrant 1, andra provgrenen togs från stratum 2, kvadrant 2, osv.

2.3. Torkning

2.3.1. Provgrenar

När provgrenarna plockats upp från frysen klipptes de ner med sekator så de rymdes i aluminiumtråg. I varje tråg lades en lapp med inringat trädnummer och stratum. De största grenarna krävde flera tråg. Då noterades även på lappen hur många tråg grenen fördelats i. Grenarna vägdes på elektronisk våg med 1 grams noggrannhet. De placerades i torkskåp i 85°C där de fick torka 24 timmar. Efter ett dygn togs trägen ut och barren repades av grenarna. För att inte förlora barr skedde avbarrningen i ett uppfångande större tråg. Barr och grenar från respektive provgren lades tillbaka i aluminiumträget och ställdes tillbaka in i torkskåpet ytterligare 24 timmar (85°C).

Efter totalt 48 timmar i torkskåpet togs träget med gren och barr ut. Grenen och barren vägdes var för sig och vikterna noterades. De lades sedan i en papperspåse med trädnummer och stratum för förvaring om grenen senare behövde kontrollvägas.

2.3.2. Trissor

De nedfrysta trissor vägs på en våg med 1 grams noggrannhet. De placerades i aluminiumtråg som ställdes in i torkskåp i 85°C. Viktigt att tänka på då, var att inte torka de största och minsta trissor samtidigt, eftersom de små trissor då tar upp vatten som avdunstat från de större trissor (Ulvcróna muntl. a) Trissor vägs en gång per dygn för att se hur mycket de minskade i vikt. När de minskat med mindre än en procentenhet sedan föregående vägning, räknades det som den slutgiltiga torrvikten. Vikten noterades och trissor förpackades för förvaring.

2.4. Beräkningar

Kvoterna mellan torrsvikt och frisksvikt beräknades för varje provgren (gren för sig, barr för sig). Kvoten multiplicerades med grenarnas totala frisksvikt i respektive stratum, och adderades sedan för att få ut grenarnas totala torrsvikt uppdelat i barrens respektive grenarnas torrsvikt.

Samma förfarande utfördes på trissorna, stamdelarna samt de döda grenarna. Till sist adderades alla fraktionernas torrsvikt för att få ut trädets totala torrsvikt.

2.4.1. Funktionsberäkningar

Beräkningar av regressioner baserades på följande linjära funktionsmodell:

$$10 \log(TV)_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

$10 \log(TV)_i$ är logaritmerad torrsvikt (kg) för träd nr i och β_0 är interceptet, β_1 är regressionslinjens lutning och x_i står här för $e\text{-log}(DBH) * e\text{-log}(\text{höjd})$ för träd nr i . ε_i är medelfelet.

För skattning av torrsvikter med hjälp av trädets brösthöjdsdiameter och höjd, användes biomassa-funktioner som Ulvcróna *et al* (2009) har tagit fram för gran. Funktioner fanns för fraktionerna barr, stam, gren samt för trädets totala torrsvikt.

$$\textbf{Helträd: } 10 \log(TV)_{\text{helträd}} = 0,651417 + (0,166383 * e\text{-log}DBH * e\text{-log}H) \quad (2)$$

$$\textbf{Stam: } 10 \log(TV)_{\text{stam}} = 0,211883 + (0,182969 * e\text{-log}DBH * e\text{-log}H) \quad (3)$$

$$\textbf{Gren: } 10 \log(TV)_{\text{gren}} = 0,009718 + (0,156899 * e\text{-log}DBH * e\text{-log}H) \quad (4)$$

$$\textbf{Barr: } 10 \log(TV)_{\text{barr}} = 0,228444 + (0,151857 * e\text{-log}DBH * e\text{-log}H) \quad (5)$$

där DBH anges i cm. Höjden (H) anges i dm och räknas ut med Näslunds (1936, Pettersson 1955) höjdkurvor. Korrektion är gjord för logaritmisk bias.

Näslunds höjdkurvor (för att få koefficienten för gran användes Pettersson (1955)):

$$1,3 + \frac{DBH^3}{(1,0603 + 0,39153 * DBH)^3} \quad (6)$$

där DBH anges i cm.

Genom att ange trädets diameter och höjd, räknades trädets totala torrsvikt ut samt torrsvikten för stam, grenar och barr. Fraktionen döda grenar uteslöts i den här studien på grund av svårigheter att beräkna och jämföra en funktion på ett sådant material (Ulvcróna muntl. b). För närmare studie av funktionerna hänvisas till Ulvcróna *et al.* (2009).

2.4.1.1. Funktioner för sydliga granar

För att erhålla formler för biomassaberäkning för granar i södra Sverige användes programmet Minitab. Genom att beräkna $(e^{-\log DBH} * e^{-\log H})$, erhöles variabeln som ingick i funktionen (x). Tiologaritmen beräknades för torrvikten av respektive fraktion (y). Dessa två variabler användes sedan för att med hjälp av Minitab beräkna konstanterna i funktionen (β_0 och β_1). Från uträkningen gick det även att se om funktionen var signifikant, dvs. om funktionen gick att arbeta vidare med eller inte. Även residualkvadratsummor för konstanterna beräknades, som sedan användes vid jämförelse av funktionerna.

2.4.2. Jämförelse av funktioner

Funktionerna grundade på materialet med de norra granarna jämfördes med de funktioner som erhöles från provträden från Asa och Tönnersjöheden för att se om det fanns signifikanta skillnader mellan dem. Jämförelser gjordes för respektive fraktion.

För de erhållna funktionerna som inte blev signifikanta gjordes ingen jämförelse med Ulvcronas *et al* (2009) funktioner.

Det gjordes även en jämförelse mellan hur stora och små granar förhöll sig till funktionen för det sammanslagna materialet (provträd från södra och norra Sverige). Provträden delades in i två klasser, en klass med provträd med DBH >100 mm och en klass med provträd med DBH <100 mm. Detta testades för varje fraktion. Även för detta användes programmet Minitab.

För att kunna göra en jämförelse med hjälp av F-värdet, användes följande formel:

$$F\text{-värdet} = \frac{\left(\frac{(SS_t - SS_p) \times (k - 1)}{(m + 1)} \right)}{\left(\frac{SS_p}{DF_p} \right)} \quad (7)$$

där

SS_t = residualkvadratsumman för det sammanslagna materialet

SS_p = summan av residualkvadratsumman från regression 1+2

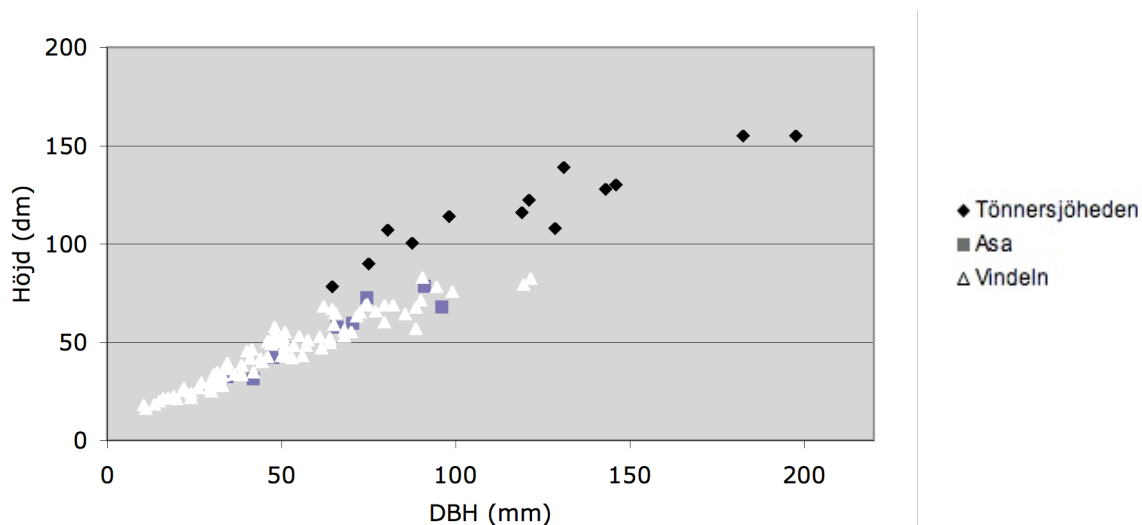
k = antal regressioner som jämförs

m = antal oberoende variabler per regression

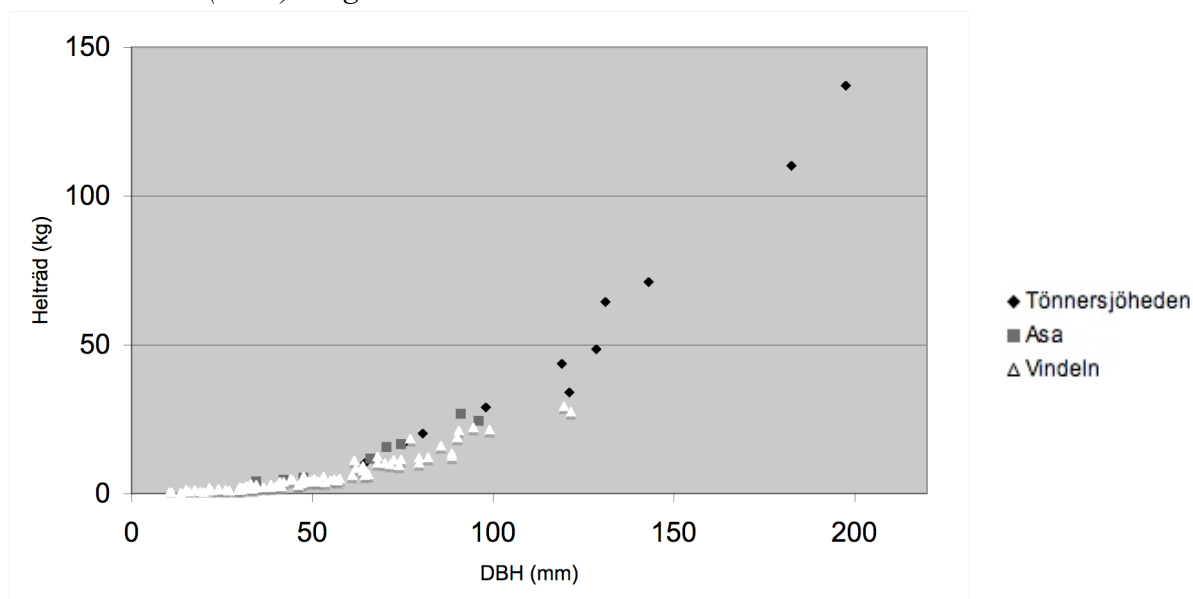
DF_p = summan av frihetsgrader från regression 1+2

F-värdet jämfördes sedan med tabellvärdet för att se om nollhypotesen, H_0 , kunde förkastas (dvs. regressionerna är olika när tabellvärdet är lägre än F-värdet) eller är sann.

3. Resultat



Figur 7. Provträdens brösthöjdsdiameter respektive höjd. Provträden från Vindeln ingick i Ulvcronas et al.(2009) tidigare studie.



Figur 8. Totala torrvikten för helträd hos samtliga provträd från norra och södra Sverige i förhållande till brösthöjdsdiametern.

3.1. Jämförelse mellan det nordliga och sydliga materialet

Vid jämförelsen mellan det nordliga materialet (Ulvcróna et al. 2009) och funktionerna som tagits fram för det sydliga materialet prövades eventuella skillnader i torrsvikt för helträd, stam, grenar respektive barr.

För icke signifikanta funktioner baserade på det sydliga provträdsmaterialet gjordes ingen jämförande studie med funktionerna baserade på det nordliga materialet (se tabell 9).

Tabell 4. Funktioner för det sydliga materialet. F-värden och tabellvärden är från jämförelsen med funktionerna för det nordliga materialet.

Fraktion	β_0	β_1	$p(\beta_0)$	$p(\beta_1)$	F-värde	Tabellvärde	R^2	S
Helträd	-0,04946	0,143826	0,313	0,000	-	-	98,0	0,06
Stam	-0,64440	0,176876	0,000	0,000	8,40	3,83	99,1	0,05
Gren	-0,4280	0,10541	0,012	0,000	7,80	3,86	71,6	0,19
Barr	-0,3764	0,10382	0,011	0,000	5,47	3,86	76,6	0,17

Tabell 5. Funktioner för det nordliga materialet (Ulvcrona et al. (2009)).

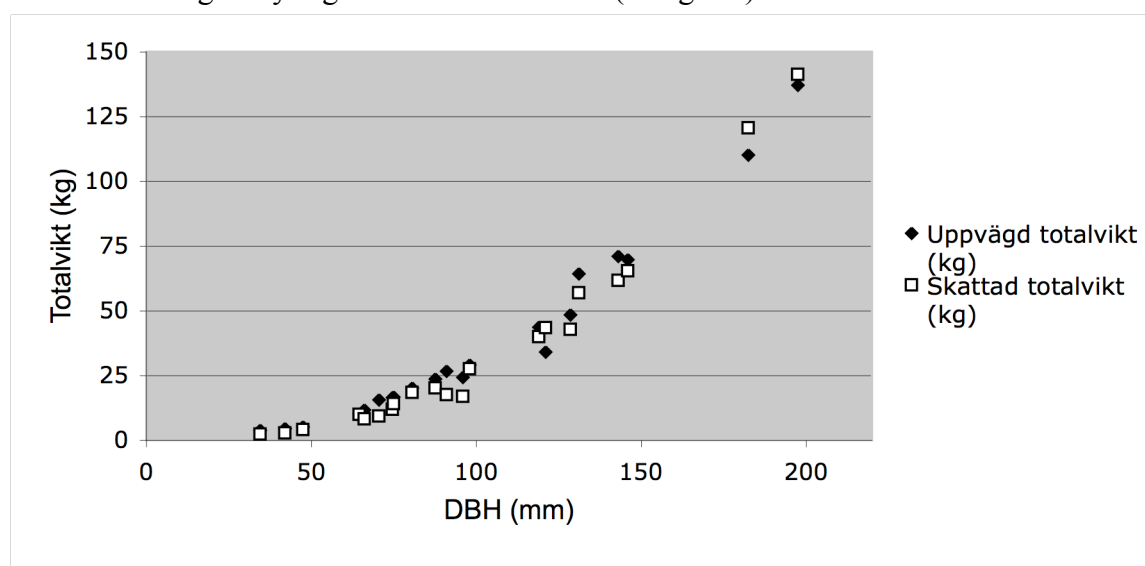
Fraktion	β_0	β_1	$p(\beta_0)$	$p(\beta_1)$
Helträd	-0,35641	0,166383	0,000	0,000
Stam	-0,79129	0,182969	0,000	0,000
Gren	-1,00651	0,156899	0,000	0,000
Barr	-0,78658	0,151857	0,000	0,000

Tabell 6. Funktioner för det nordliga och sydliga materialet sammanslaget.

Fraktion	β_0	β_1	$p(\beta_0)$	$p(\beta_1)$	R^2	S
Helträd	-0,34545	0,167375	0,000	0,000	95,6	0,112
Stam	-0,80058	0,187525	0,000	0,000	98,1	0,082
Gren	-0,96229	0,151983	0,000	0,000	85,7	0,193
Barr	-0,71192	0,138605	0,000	0,000	85,4	0,178

3.1.1. Helträdsfunktionerna

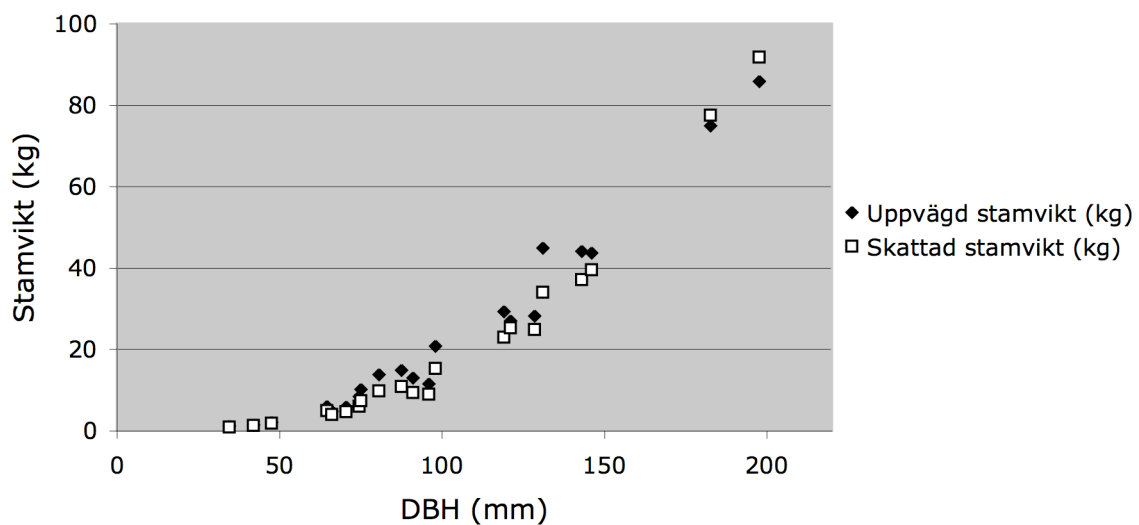
Det framkom att funktionen för helträd för det sydliga materialet inte är signifikant ($p = 0,313$). Då bör ingen jämförelse med det nordliga provträds materialet för helträd göras och därför testades inte funktionen baserat på det sydliga materialet mot funktionen för det nordliga provträds materialet. Trots det ser funktionen för det nordliga materialet ut att fungera bra för skattning av sydliga trädets totala torrsvikt (se figur 9).



Figur 9. Hela trädets torrsvikt i förhållande till brösthöjdsdiameter. Skattad totalvikt är beräknad på Ulvcronas et al (2001) funktion för helträd.

3.1.2. Stamviktsfunktionerna

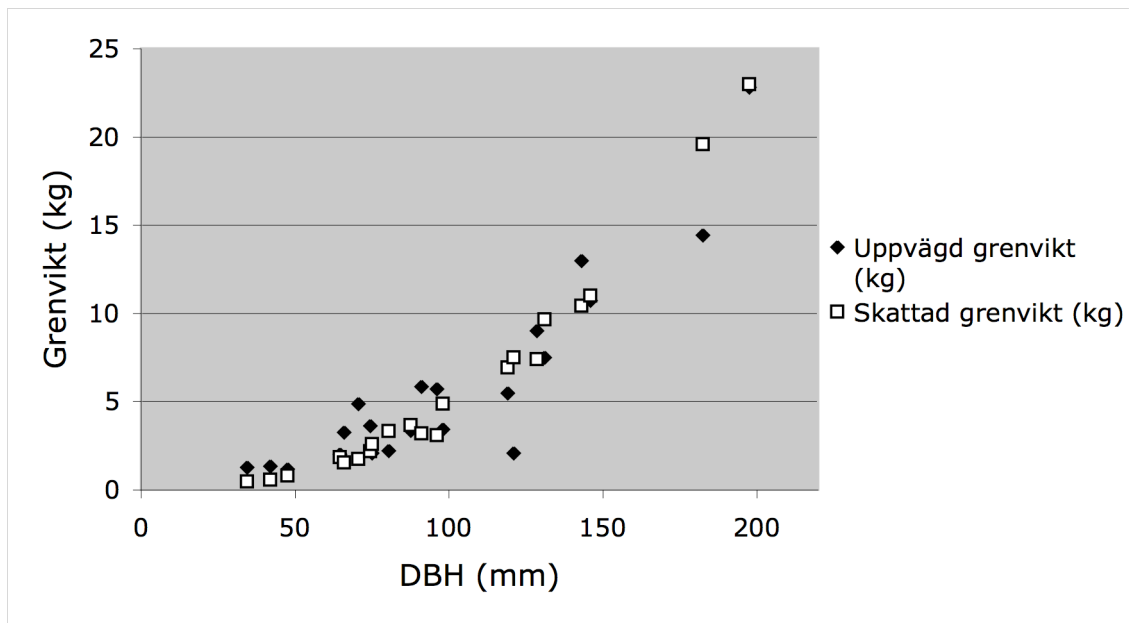
Stamviktsfunktionen baserad på det sydliga materialet var signifikant ($p = 0,000$) och därmed jämfördes den med funktionen för det nordliga materialet. Vid jämförelsen framkom att F-värdet var större än tabellvärdet, dvs. regressionen för det sydliga materialet är signifikant skild från regressionen för det nordliga materialet. Interceptet (β_0) för funktionen på det nordliga materialet var lägre än för på det sydliga materialet. Regressionslinjens lutning (β_1) var något brantare för funktionen på det nordliga materialet än för funktionen på det sydliga materialet. Trots att funktionerna var olika i detaljer, verkar det som att den uppvägda torrvikten för stammar ser ut att väl följa funktionen baserad på det nordliga materialet (se figur 10).



Figur 10. Stammarnas faktiska torrsvikt för provträd i södra Sverige relaterat till den skattade stamvikten enligt funktionen baserad på det nordliga materialet (Ulvcróna et al (2009)).

3.1.3. Grenfunktionerna

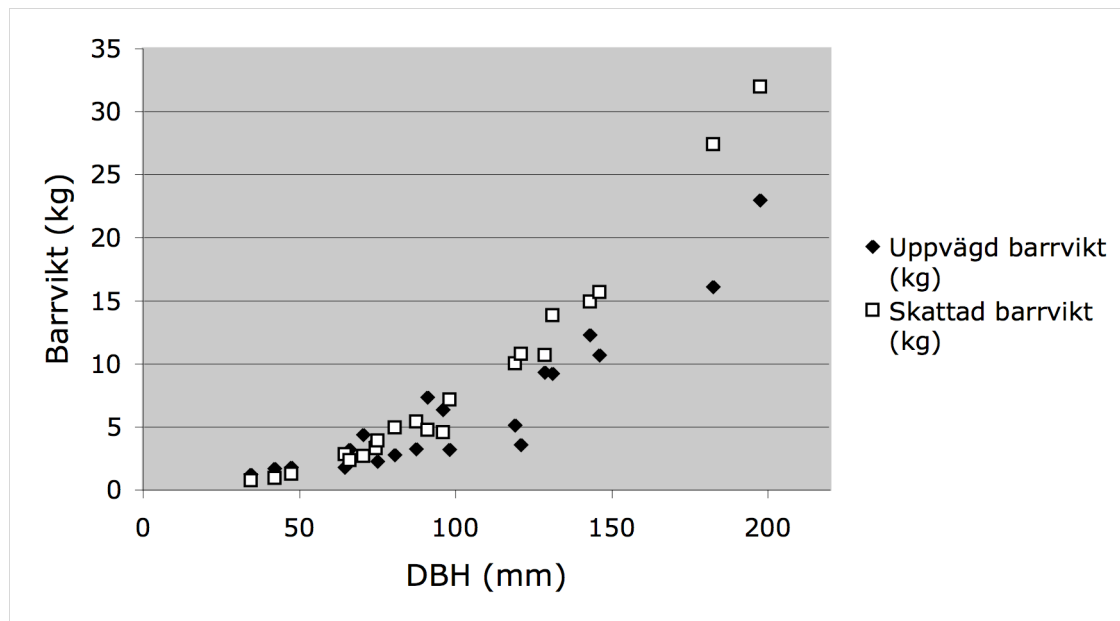
Grenfunktionen baserad på det sydliga materialet visade sig även den vara signifikant ($p = 0,012$) och därmed jämfördes den med funktionen för det nordliga materialet. F-värdet beräknades vara högre än tabellvärdet, vilket innebär att funktionen baserad på det nordliga materialet var signifikant skild från funktionen framtagen för det sydliga materialet. Interceptet (β_0) var lägre för grenfunktionen baserad på det nordliga materialet än för den baserad på det sydliga materialet och regressionslinjens lutning (β_1) för funktionen baserad på det nordliga materialet var något brantare än regressionslinjen för funktionen baserad på det sydliga materialet. Trots att funktionerna visade sig vara olika verkar de sydliga provträdens faktiska grenvikt att relativt väl följa grenfunktionen baserad på det nordliga materialet (se figur 11).



Figur 11. Provträdens torrsvikt av grenar för provträd från södra Sverige i förhållande till den skattade torrsvikten enligt funktionen för det nordliga materialet (Ulvcróna et al. (2009)).

3.1.4. Barrfunktionerna

Barrfunktionen, baserad på det sydliga materialet, visade sig vara signifikant ($p = 0,011$), vilket möjliggjorde en jämförelse med det nordliga materialet. Vid jämförelsen framkom att F-värdet var högre än tabellvärdet, dvs. barrfunktionen för det sydliga materialet var signifikant skild från den baserad på det nordliga materialet. Interceptet (β_0) för funktionen baserad på det nordliga materialet var lägre än för den baserad på det sydliga materialet. Regressionslinjen (β_1) var även något brantare för funktionen baserad på det nordliga materialet. Funktionen för skattning av barrsvikt baserad på det nordliga materialet ser ut att fungera relativt väl också för träden i det sydliga materialet med en brösthöjdsdiameter under 120 mm, sedan tenderar den faktiska barrsvikten att bli lägre än den skattade (se figur 12).



Figur 12. Uppvägd torrsvikt för barr för det sydliga materialet resp. den skattade torrsvikten enligt funktionen baserad på det nordliga materialet (Ulvcrone et al (2009)).

3.2. Jämförelse mellan små och stora provträd

När trädstorlekens påverkan på funktionen skulle testas, slogs det sydliga materialet ihop med det nordliga materialet, för att sedan delas in i två diameterklasser, >100 mm och <100 mm.

Tabell 7. Funktioner framtagna för träd >100 mm.

Fraktion	β_0	β_1	$p(\beta_0)$	$p(\beta_1)$	F-värde	Tabellvärde	R^2	S
Helträd	-0,3188	0,16389	0,100	0,000	-	-	94,2	0,057
Stam	-0,7966	0,18537	0,006	0,000	0,73	3,83	98,2	0,072
Gren	-0,9611	0,14872	0,166	0,017	-	-	46,8	0,208
Barr	-0,5680	0,12230	0,283	0,014	-	-	49,6	0,163

Tabell 8. Funktioner framtagna för träd <100 mm.

Fraktion	β_0	β_1	$p(\beta_0)$	$p(\beta_1)$	R^2	S
Helträd	-0,35599	0,169455	0,000	0,000	92,8	0,118
Stam	-0,81409	0,190177	0,000	0,000	97,0	0,084
Gren	-0,98909	0,157437	0,000	0,000	80,3	0,194
Barr	-0,74649	0,145210	0,000	0,000	80,1	0,180

För små träd fungerade funktionerna bra (se tabell 9), de blev alla signifikanta. För de större granarna (se tabell 8) var det endast stamviktsfunktionen som var signifikant ($p = 0,006$). För de stora helträden ($p = 0,100$) med dess grenar ($p = 0,166$) och barr ($p = 0,283$) erhöles inga funktioner som gick att studera vidare med de variabler som användes, därmed var det inte möjligt att jämföra dem med funktionerna för små granar.

Stamviktsfunktionen för stora granar jämfördes med funktionen för de små granarna. F-värdet visade sig vara lägre än tabellvärdet, vilket innebar att stamviktsfunktionen för små granar är

signifikant med stamfunktionen för stora granar. Interceptet (β_0) för de små granarnas stamfunktion var något lägre än för funktionen för de stora träden. Regressionslinjen för de små trädens stamfunktion (β_1) lutar något mer än för de stora provträdens regressionslinje för stamfunktionen.

3.3. *Icke signifikanta funktioner*

Några funktioner visade sig inte vara signifikanta, därför arbetades det inte vidare med dessa (se tabell 9). Eftersom de inte var signifikanta gjordes därför ingen studie mellan dessa funktioner och funktionerna baserade på det nordliga materialet.

Tabell 9. P-värden för funktioner som inte arbetades vidare med (dvs. $p \geq 0,05$), fördelat på fraktioner.

Fraktion	P-värde, sydligt material		P-värde, träd DBH > 100 mm	
	$p(\beta_0)$	$p(\beta_1)$	$p(\beta_0)$	$p(\beta_1)$
Helträd	0,313	0,000	0,100	0,000
Gren	Fnk. signifikant	Fnk. signifikant	0,166	0,017
Barr	Fnk. signifikant	Fnk. signifikant	0,283	0,014

4. Diskussion

Syftet med detta arbete var att se om biomassafunktioner framtagna för nordliga granar även gick att använda för beräkning av granars biomassa i södra Sverige. Funktioner för hela trädets biomassa testades, samt för trädets olika fraktioner; stam-, gren- och barrmassa. Det utökade provträdsaterialet användes för att undersöka om stamvikten var densamma om träden hade samma diameter, eller om träden från södra respektive norra Sverige hade olika höjd. Skillnader i mängden grenar och barr undersöktes också.

I denna studie visades att det fanns signifikanta skillnader mellan funktionerna för mängden biomassa från det nordliga och sydliga materialet.

Helträdsfunktionen för det sydliga materialet visade sig inte vara signifikant ($p = 0,314$). Därför arbetades det inte vidare med en jämförelse mellan helträdsfunktionerna för det nordliga respektive det sydliga materialet. Det kan dock noteras att helträdets torrsvikt för större granar ($DBH > 100$ mm) i södra Sverige tenderade att vara högre än för storleksmässigt lika granar från norra Sverige (se figur 7). Därför gjordes även en jämförelse mellan funktioner för stora träd respektive små träd.

När det sydliga och nordliga materialet slogs samman visade däremot regressionsanalysen för helträd att funktionen som erhålls är signifikant. Det är möjligt att funktionen inte är optimal eftersom det sydliga och nordliga materialets biomassa tenderar att skilja sig åt. Istället fås här en funktion som är anpassad för både södra och norra Sverige. Om det sydliga materialet utökades skulle det ge ett större genomslag i funktionen på så vis att mängden biomassa bättre anpassades till södra Sverige. Skillnaderna i helträdsfunktionerna kan förklaras av att det inte finns lika många träd i varje diameterklass. Det blir då svårt att säga hur mängden biomassa i det sydliga materialet förhåller sig till det nordliga materialets biomassa inom respektive diameterstorlek. En risk finns att det studerats träd som inte är representativa och det påverkar i så fall resultatet negativt.

Stamfunktionen för det sydliga materialet visade sig vara signifikant och kunde därmed jämföras med stamfunktionen för det nordliga materialet. Då framgick att de funktionerna var signifikant skilda från varandra, dvs. mängden stambiomassa skiljer sig mellan det sydliga och nordliga materialet vid samma diameter i brösthöjd. När en regression gjordes för det sammanslagna sydliga och nordliga materialet, erhöles en signifikant funktion. Funktionen var dock inte optimal, eftersom tidigare regressioner visat att det sydliga och nordliga materialet är signifikant åtskilt. Istället fås en funktion som är anpassad för både södra och norra Sverige.

Det är möjligt att funktionerna för det nordliga respektive det sydliga materialet har påverkats av beståndsskillnader mellan norr och söder. I norr har provträden vuxit i talldominerade bestånd medan bestånden i södra delarna varit grandominerade. Eftersom granmarker i regel är bördigare än tallmarker (Egnell 2008), har det troligen påverkat stamutvecklingen då högre näringstillgång innebär ökad mängd barrmassa och därmed även ökad stamtillväxt (SLU 2009).

Regressionsanalysen av det sydliga materialet gav en signifikant grenfunktion. Denna testades mot funktionen för det nordliga materialet och det visade sig att funktionerna var signifikant åtskilda, vilket innebar att mängden grenbiomassa för det sydliga materialet inte var densamma som för det nordliga materialet. En regressionsanalys gjordes även för nordligt och sydligt material sammanslaget, där en signifikant funktion erhöles. Funktionen för det sammanslagna materialet är inte heller här den bästa möjliga, eftersom den tidigare jämförelsen mellan den nordliga och sydliga funktionen visade att materialet var signifikant åtskilt. Dock fungerar också här funktionen för det sammanslagna materialet relativt väl i hela landet.

Grenvikten påverkas av en rad olika faktorer, t.ex. proveniensen. Granens härkomstlatitud påverkar tillväxten. Sydliga granar har högre tillväxt än nordliga och den högre tillväxten ökar benägenheten att bilda tjocka grenar (Persson & Persson 1997). Därför är det möjligt att grenarna i det sydliga materialet är tjockare än grenarna i det nordliga materialet. Grentjockleken kan även bero på växtplatsens bonitet. Vid god näringstillgång är tillväxten högre vilket ger granarna grövre kvistar (Anon. 1999). Beståndets täthet kan också påverka grenvikten. Det är allmänt känt att grenarna inte blir lika tjocka när granarna står tätt, antingen i täta förband eller under skärm, vilket det också tas hänsyn till i dagens skogsbruk vid bl.a. förnygring, för att få så bra virkeskvalitet på stammarna som möjligt.

Vid regressionsanalysen av det sydliga materialets barrmassa erhöles en signifikant funktion, därmed kunde den funktionen jämföras med funktionen baserad på det nordliga materialet. Det visades då att de två funktionerna skiljde sig åt, dvs. det fanns en skillnad i barrmassa mellan det nordliga och sydliga provträds materialet. Vid jämförelse av barrfunktionen för det nordliga materialet med det sydliga, överskattade funktionen för det nordliga materialet barrvikten för det sydliga materialet. Barrmaterialet för träd från södra Sverige visade sig ha en lägre torrsvikt än torrsvikten för det nordliga materialet i samma diameterklass (se figur 12). Detta syns i synnerhet bland de större provträden. Det är märkligt eftersom det vid provtagningen konstaterades att granarna hade betydligt större och rikligare mängd barr på Tönnersjöheden och i Asa, jämfört med de nordliga granarnas barrmassa (se figur 13). Därför verkar det rimligt att anta att funktionen för det sydliga materialet skulle visa en högre mängd barrmassa. Detta kan bero på en ojämn diameterspridning. Provträd som har en brösthöjdsdiameter upp till 150 mm är jämnt fördelade i de olika storleksklasserna (se figur 8). Sedan är det en lucka till de två största träden (182,5 mm samt 198,5 mm). Det medför en viss osäkerhet för de större träden, eftersom det blir svårt att säga om de har ovanligt mycket eller lite barr jämfört med andra träd i samma storleksklass. Ett större antal provträd i de större diameterklasserna och träd i storleksklassen 150-180 mm hade gett möjligheter att beräkna en bättre funktion.

Det bör noteras att de nordliga funktionerna är beräknade på provträd med en brösthöjdsdiameter upp till 120 mm. Det är möjligt att utfallet har påverkats av att provträdens allokering av de olika fraktionerna successivt förändras när träden blir större (Egnell 2008, Øyen 2009). Därför är det inte säkert att funktionerna baserade på det nordliga materialet fungerar lika bra på större träd, därav valet att göra jämförelsen av hur stora och små provträd passar in i funktionen. Konstateras kan dock att funktionerna för det nordliga materialet ser ut att fungera relativt väl också på träd med en brösthöjdsdiameter upp till 150 mm i södra Sverige.



Figur 13. Gren från provtagningen på Tönnersjöheden (t.v.) och gren som representerar det nordliga materialet (t.h.). Ingen bildanalys har skett, det är enbart en illustration på skillnader i barrmängd mellan det nordliga och sydliga materialet.

Delstudien, där det nordliga och sydliga provträds materialet var sammanslaget, genomfördes för att se om det fanns utmärkande skillnader i funktionerna mellan större träd (DBH >100 mm) och mindre (DBH <100 mm), då en tendens till att större träd avvek från funktionen kunde antas (se figur 7). För att närmare undersöka eventuella avvikelser mellan stora och små träd gjordes en särskild mindre studie. Funktionerna som är framtagna för det nordliga materialet baseras på träd med en brösthöjdsdiameter i intervallet 10-120 mm. I det sydliga materialet ingick större träd (DBH <198 mm), därför testades de större träden i en särskild mindre studie.

De erhållna funktionerna för träd med DBH >100 mm visade sig inte vara signifikanta, därför gick det inte att genomföra jämförelsen för helträd, grenar och barr med de variabler som valts ut. Däremot kunde funktionen för stamvikt användas, vilken även visade sig vara signifikant med funktionen för de små träden.

En förklaring till att helträds-, gren-, och barrfunktionerna för materialet med de större träden inte blev signifikanta kan vara att det i materialet inte fanns så många träd i det större intervallet (DBH >100 mm). Med få provträd blir medelfelet större. Med ett större material hade eventuella träd som inte var representativa då inte kunnat påverka regressionen i lika hög grad. De flesta träden i det större intervallet (DBH >100 mm) var dessutom från södra Sverige (figur 7). För att få en bra studie skulle det möjligen ha varit fler träd från norra Sverige med i intervallet med de stora träden. Nu dominerade träden från det sydliga materialet och på så vis påverkade de utfallet av funktionen mer än vad det nordliga provträds materialet gjorde.

I denna studie testades om det gick att gå in med de redan utvalda förklarande variablerna (torrvikt och $\ln DBH * \ln H\ddot{o}jd$) för att få fram förfinade funktioner med avseende på storlek. Det visade sig att det inte var möjligt. För att få fram fungerande funktioner med innevarande material skulle eventuellt istället andra och/eller fler förklarande variabler tagits fram.

I denna studie har endast en bråkdel av granars biomassainnehåll studerats, ett större material ger säkrare funktioner. Det finns fortfarande många kunskapsluckor att fylla. Genom att utöka provträdsaterialet ytterligare, förbättras möjligheterna att få fram bättre anpassade funktioner för beräkning av granars torrvikt samt torrvikten för de olika fraktionerna. Materialet behöver breddas med avseende på träd från både södra och norra Sverige och också med fler träd i de större storleksintervallen. Fler studier på hur olika skötselmetoder påverkar mängden biomassa som går att realisera på marknaden behövs också. Gödsling kan vara ett alternativ för att öka mängden biomassa. Att senarelägga röjningar och gallringar är ett annat alternativ och i det fallet bör även det kvarvarande beståndets utveckling beaktas.

Sortimenten från så kallade energigallringar börjar alltmer ses som ytterligare en energikälla. Teknik är under utveckling för att mer effektivt kunna skörda och hantera det nya sortimentet. Som exempel kan nämnas Bergströms studie (2009) där krankorridorskörd har utvecklats för klana träd i unga, täta bestånd som avverkas i korridorer eller stråk. Skörden tas sedan ut som biobränsle. Detta sätt att ta ut biobränsle gör det möjligt att ta ut sådan biomassa som tidigare lämnats kvar i skogen. En viktig del kopplad till detta är att kunna beräkna utfallet vid skörd för att kunna räkna på lönsamheten. Då behövs funktioner för uträkning av biomassainnehåll. Eftersom träd i södra Sverige har högre tillväxt, finns det ett behov att funktionerna är anpassade efter var i landet träden växer för mer exakta beräkningar.

Vid dessa energigallringar finns även möjlighet att ta ut massaved. Dessa uttag görs först och främst i äldre, kraftigt eftersatta bestånd med hög grundyta. Funktionerna är framtagna för varje fraktion av trädet (stam, gren och barr), vilket gör det möjligt att ändå kunna beräkna hur mycket biobränsle som kan tas ut eller blir kvar vid massavedsuttaget. Utfallet av grenar och barr räknas samman och formeln för stammens torrvikt utesluts. För klana träd, som inte är lämpliga som massaved, kan istället funktionen för helträd användas.

Funktionerna underlättar dessutom beräkning av värmevärdet för bränslet i och med att det är uppdelat i funktioner för varje fraktion och varje fraktion har olika värmevärde. De olika fraktionerna har olika energiinnehåll (Olofsson 1975), så i framtiden kanske prislisorna för biobränslen är mer utvecklade där olika sorters bränslen (fraktioner) har olika prissättning. Det behöver då även tas hänsyn till bränslets fukthalt, eftersom den starkt påverkar utbytet av energi vid förbränning.

4.1. Slutsatser

Vid jämförelsen mellan nordliga och sydliga granar framkom att funktionerna för nordliga granar skiljde sig från funktioner för sydliga granar. Slogs provträdsaterialet samman erhöles troligen acceptabla funktioner som går att använda. Stor diameterspridning och en lucka i diameterklasserna hos det sydliga provträdsaterialet kan ha begränsat möjligheterna att beräkna funktionerna. Även trädslagsfördelningen i bestånden varifrån provträden skördats

har varit olika, vilket också kan ha begränsat möjligheterna att beräkna funktionerna. Funktionerna framtagna från det nordliga materialet ser dock ut att fungera bra också på träd i södra Sverige med $DBH < 150$ mm, då större träd tenderar att falla utanför funktionerna.

Förhållandet mellan stora och små provträd visade att eventuellt andra förklarande variabler skulle ha behövts för att kunna göra denna jämförelse fullt ut med det innevarande begränsade materialet. De i denna studie använda funktionerna för stora träd ($DBH > 100$ mm) blev inte signifikanta och därmed kunde inte jämförelsen genomföras fullt ut. Med ett större antal provträd skulle situationen eventuellt tillåta en jämförelse fullt ut.

Teknik för uttag av biomassa är under utveckling. För att kunna räkna på lönsamheten i dessa uttag behövs väl fungerande funktioner som är anpassade för var i Sverige skörden sker. Funktioner som är uppdelade i trädets olika fraktioner förfinar beräkningarna ytterligare.

5. Källhänvisning

5.1. Publikationer

Anon. (1999) *Grönare Skog*. Jönköping: Skogsstyrelsens förlag. ISBN 91-88462-45-5

Anon. (2007) *Energiläget 2007*. Eskilstuna: Statens energimyndighet. (ET 2007:49). ISSN 1403-1892.

Anon. (2008) *Skogsstatistisk årsbok 2008*. Jönköping: Skogsstyrelsen. ISSN 0491-7847

Bergh, J. (senast uppdaterad 2006) Gödsling ett effektivt och lönsamt sätt att öka produktionen. [online] Tillgänglig: <http://www-gran.slu.se/Webbok/PDFdokument/Godsling.pdf> [2009-11-10]

Bergh J., Linder S., Lundmark T., Elfving B. (1999) The effect of water and nutrient availability on the productivity of Norway spruce in northern and southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 119, 51-62.

Bergström, D. (2009) *Techniques and Systems for Boom-Corridor Thinning in Young Dense Forests*. Diss. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. ISBN 978-91-576-7434-0

Bertills, U. & Näsholm, T. (2000) *Effects of Nitrogen Deposition on Forest Ecosystems*. Trelleborg: Naturvårdsverket. Report 5067. ISBN 91-620-5067-2

Claesson, S., Sahlén, K. & Lundmark, T. (2001) Functions for Biomass Estimation of Young *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula* spp. from Stands in Northern Sweden with High Stand Densities. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16, 138-146. ISSN 0282-7581

Egnell, G. (2008) *Biobränslemarknaden i Sverige – en nulägesanalys*, Vindeln: Sveriges Lantbruksuniversitet. Skog & Trä nr 2008:1. ISBN 978-91-977896-0-8

Holm, S. (2006) *Regressionsanalys för jägm. stud.* Opublicerat manuskript. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för skoglig resursanalys.

Jacobson, S. & Kukkola, M. (1999) *Skogsbränsleuttag i gallring ger kännbara tillväxtförluster*. Resultat nr 13 1999. Skogforsk. ISSN 1103-4173

Olofsson, L. (1975) *Värmevärden för olika delar av tall, gran och björk*. Rapporter och Uppsatser Nr 90 1975. Skogshögskolan, Inst. för skogsteknik. Garpenberg.

Marklund, L-G. (1987) *Biomass functions for Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) in Sweden*. Rapport 43. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för skogstaxering. Umeå. ISSN 0348-0496

Microsoft® Excel® for Mac (2004) (Version 11.3.7) [Datorprogram] Microsoft Corporation

Minitab (Version 15) [Datorprogram] Minitab Inc.

Näslund, M. (1936) *Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog*. Primärbearbetning. Meddelande från Statens Skogsforskningsanstalt. Häfte 29, nr 1.

Olsson, S. (2004) *Behandling av konfliktbestånd – problem och möjligheter*. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för sydsvensk skogsvetenskap. Alnarp. Examensarbete nr 60.

Persson, B. & Persson, A. (1997) Variation in Stem Properties in a IUFRO 1964/1968 *Picea abies* Provenance Experiment in Southern Sweden. *Silvae Genetica* 46, 2-3, sid. 94-101

Pettersson H. (1955) Meddelande från Statens Skogsforskningsinstitut, Band 45:1

SLU – Sveriges Lantbruksuniversitet. Vegetationsperiodens längd. [online](2007a-02-10) Tillgänglig: <http://www-markinfo.slu.se/sve/klimat/vegper.html> [2009-10-21]

SLU – Sveriges Lantbruksuniversitet. Temperatursumma. [online](2007b-02-10) Tillgänglig: <http://www-markinfo.slu.se/sve/klimat/tempsum.html> [2009-10-21]

SLU – Sveriges Lantbruksuniversitet. Årsnederbörd. [online](2007c-02-10) Tillgänglig: <http://www-markinfo.slu.se/sve/klimat/ned.html> [2009-10-21]

SLU - Sveriges Lantbruksuniversitet. Gödsling ett effektivt och lönsamt sätt att öka produktionen. [online](2009-04-29) Tillgänglig: <http://www-fiberskog.slu.se/Dokumentation/Omgodsling/omgodsling.htm> [2010-01-09]

SMHI – Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. Deposition, våt+torr, kväve - NO_x+NH_x 2007. [online](2008) Tillgänglig: http://www.smhi.se/sgn0102/miljoovervakning/kartvisare.php?lager=07dak_x [2009-10-21]

Ulvcróna, K. A., Nilsson, U. & Lundmark, T. In prep. (2009) *Biomass functions and pattern of allocation for young dense, Scots pine dominated mixed forests in northern Sweden*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Enheten för skoglig fältforskning. Vindeln.

Utredningen om jordbruket som bioenergiproducent (2007) *Bioenergi från jordbruket – en växande resurs*. Stockholm: Fritzes. (Statens offentliga utredningar 2007:36)

Wiklund, K. & Nilsson, L-O. (1992) Hur påverkar luftföroreningarna granen? *Skog & Forskning*, nr 3/92, 16-21

Wilhelmsson, E., Holmström, H., Lämås, T., Nyström, K., Walheim, M. (2005) *Introduktion till mätning av träd och bestånd*. Opublicerat manuskript. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för skoglig resurshushållning och geomatik.

Zar, J. H. (1974) *Biostatistical Analysis*. 4. ed. Upper Saddle River: Simon & Schuster. ISBN 0-13-081542-X

5.2. Muntliga meddelanden

Andersson Pontus. Produktionschef, Hässleholm Miljö AB. 2009-12-10

a. Ulvcrona Kristina. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för skoglig fältforskning. 2009-09-14

b. Ulvcrona Thomas. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för skoglig fältforskning. 2010-01-08

Øyen Bernt-Håvard. Norwegian Forest and Landscape Institute. 2009-09-03